

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ & ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

EN1998: Ευρωκώδικας 8 - Μέρος 3
σε συνδυασμό με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

➤ Στέφανος Δρίτσος

Καθηγητής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Σ.Π.Μ.Ε., Ο.Α.Σ.Π. Τοπ. Τμ. Σ.Π.Μ. Λάρισας,
Λάρισα, 11 Δεκεμβρίου 2010
Ημερίδα:

Σχεδιασμός Κτηρίων Σκυροδέματος με βάση τους Ευρωκώδικες 2 & 8¹

Γιατί χρειαζόμαστε έναν Κανονισμό για Επεμβάσεις:

Η μελέτη για επέμβαση είναι πολύ διαφορετική από τη μελέτη σχεδιασμού ενός νέου κτιρίου

▪ Άλλα πράγματα χρειάζονται

• Τεκμηρίωση υφιστάμενου φορέα

Αντοχές υλικών

Οπλισμοί

Γεωμετρία (και θεμέλια)

Πραγματικά φορτία

Προηγούμενες βλάβες ή φθορές ή ελαττώματα

- ➔ Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ) - Knowledge Levels (KL)
- ➔ Συντελεστές αξιοπιστίας (Άλλοι συντελεστές ασφάλειας για τα υφιστάμενα)
- ➔ Νέοι συντελεστές ασφάλειας για τα νέα υλικά

▪ Άλλες μέθοδοι ανάλυσης απαιτούνται

Οι μέθοδοι ανάλυσης που σήμερα χρησιμοποιούνται (για νέα κτίρια) έχουν αξιοπιστία υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις που στα νέα κτίρια φροντίζουμε να πληρούνται.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι προϋποθέσεις αυτές δεν πληρούνται στα παλιά κτήρια.

▪ Τι είναι αστοχία:

Αντοχή < Ένταση

π.χ. $M_{Rd} = 150 \text{ KNm} < M_{sd} = 200 \text{ KNm}$

Σε μία μελέτη νέου κτιρίου φροντίζουμε αυτό να μην ισχύει

Σε ένα υφιστάμενο που η ανισότητα μπορεί να ισχύει

Ερωτήματα: Τι επίπεδα βλάβης θα υπάρξουν;

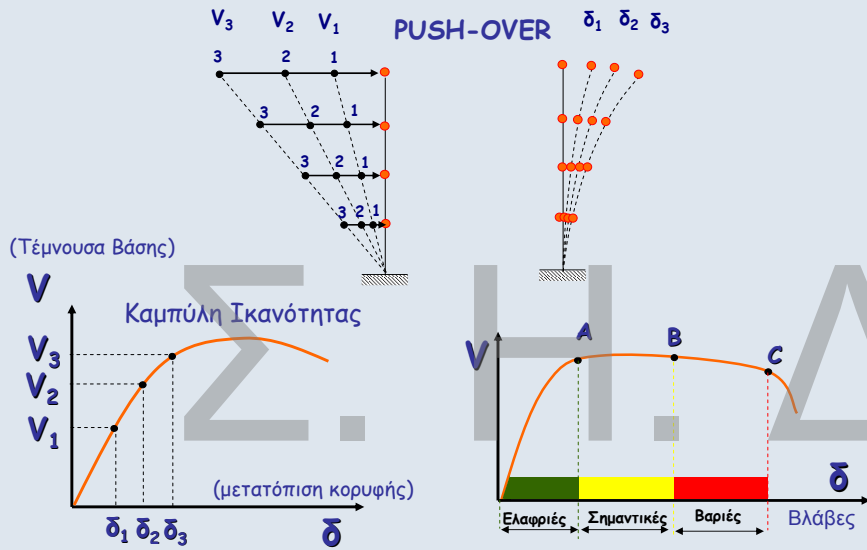
Ποιες οι συνέπειες;

Θα τις δεχθούμε;

- ➔ Στάθμες επιτελεστικότητας - Οριακές καταστάσεις
 - Άμεση χρήση μετά το σεισμό - Damage limitation
 - Ασφάλεια ζωής ενοίκων - Significant damage
 - Όριο κατάρρευσης - Near collapse
- ➔ Πρωτεύοντα - Δευτερεύοντα στοιχεία

Στάθμες Επιτελεστικότητας - Οριακές Καταστάσεις

Στατική Οριζόντια Φόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



- Ποια είναι η αντοχή (ή καλλίτερα η ικανότητα) δομικών μελών που δεν πληρούν προϋποθέσεις έντεχνης κατασκευής;

π.χ. - περιοχές με "κοντές αναμονές"
- έλλειψη αγκίστρων στα τσέρκια
- ανεπαρκείς αγκυρώσεις

- Ποια η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q :

$$q \leq 3.5$$

Ποια η εναλλακτική διαδικασία:

$$q_{loc} = m$$

Τοιχοπληρώσεις

Μέχρι τώρα τις αγνοούμε.

Γιατί;

- Έλλειψη προδιαγραφών ποιότητας και τρόπου κατασκευής (διαφορές αντοχών, σφηνώματα)
- Αβέβαιοι τρόποι προσομοίωσης (άνοιγμα;)
- Δεν κοστίζει πολύ να αγνοηθεί η συνεισφορά τους στις νέες κατασκευές

Παράδειγμα

Συμμετοχή στην συνολική αντοχή της κατασκευής

	Φέρων οργανισμός	Τοιχοπληρώσεις	Σύνολο
Νέες κατασκευές	500	100	600
Παλιές κατασκευές	100	100	200

Στις παλιές κατασκευές ο ρόλος τους σημαντικός

Αν αγνοηθούν στην αποτίμηση των παλαιών κατασκευών →

Ανάγκη σοβαρών ενισχύσεων (συχνά ανέφικτων)

Τρόποι και διαστασιολόγηση ενισχύσεων

ΠΕΤΕΠ

EC8-Part 3 & ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- Ενίσχυση με εκτοξευόμενο
- Ενίσχυση με σύνθετα υλικά
- Ενίσχυση με νέα τοιχώματα
- Ενίσχυση με δικτυωτά συστήματα
- Ενίσχυση τοιχοπληρώσεων με εκτοξευόμενο → τοιχώματα τύπου sandwich

EC8-Part 3 & ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Λύνονται τα θέματα:

Κόστος:

Τεκμηρίωση +
Αποτίμηση Σεισμικής Αντοχής υπάρχοντος +
Μελέτη Ενίσχυσης ~
8 x Κόστος Μελέτης Νέου Κτιρίου

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΚΑΝ.ΕΠΕ.
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

8.1 Γενικές Απαιτήσεις

- Έλεγχος διεπιφανειών

8.2 Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

8.3 Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου

8.4 Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

8.5 Εμφάνιση Πλαισίων

- Προσθήκη απλού "γεμίματος"
- Τοιχωματοποίηση πλαισίων
- Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως
- Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα

8.6 Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα

8.7 Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Σκυρόδεμα Χάλυβας Σύνθετα

8.1 Γενικές Απαιτήσεις

- Έλεγχος διεπιφανειών

8.2 Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

8.3 Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου

8.4 Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

8.5 Εμφάνιση Πλαισίων

- Προσθήκη απλού "γεμίματος"
- Τοιχωματοποίηση πλαισίων
- Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως
- Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα

8.6 Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα

8.7 Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης

ΙΟΚ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών
από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

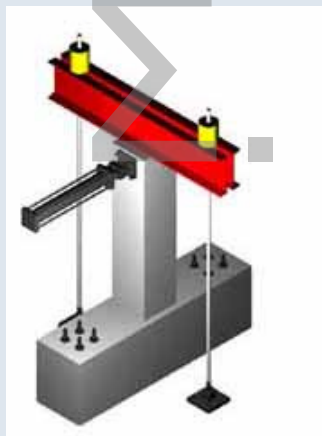
Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Αθήνα 2008



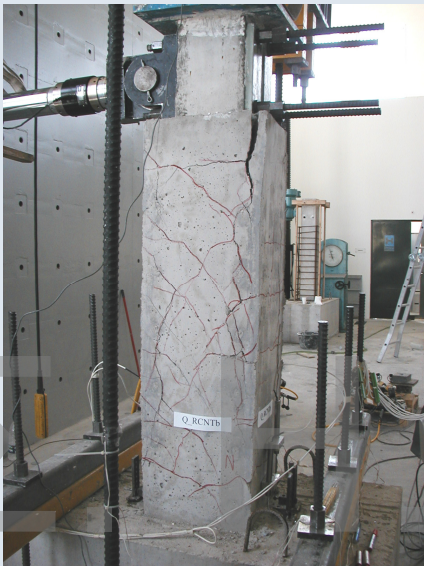
Εκτράχυνση με Αμμοβολή



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα



Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους

17

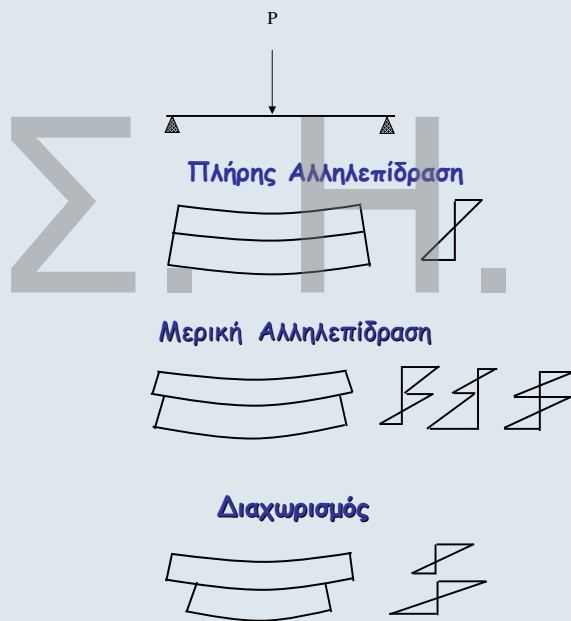
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ Ανίσωση Ασφαλείας

$$R_{id} \geq S_{id}$$

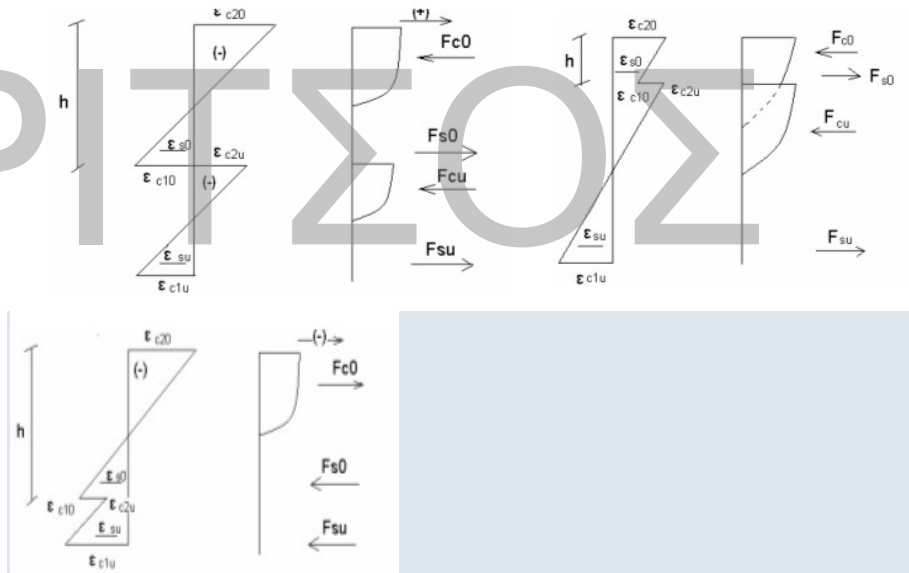
Αντίσταση Διεπιφάνειας
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα



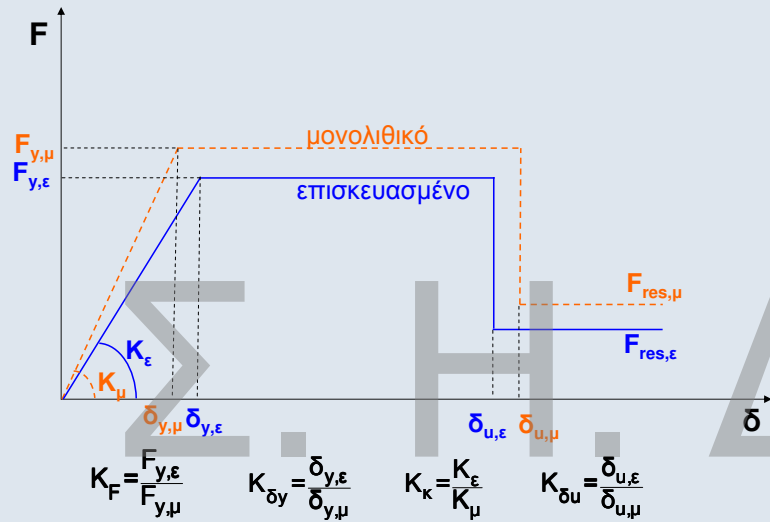
Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων



Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

20

ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ

$$k_k = \frac{\text{Δυσκαμψία πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Δυσκαμψία μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_r = \frac{\text{Αντοχή πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Αντοχή μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_k \leq k_r \leq 1,0$$

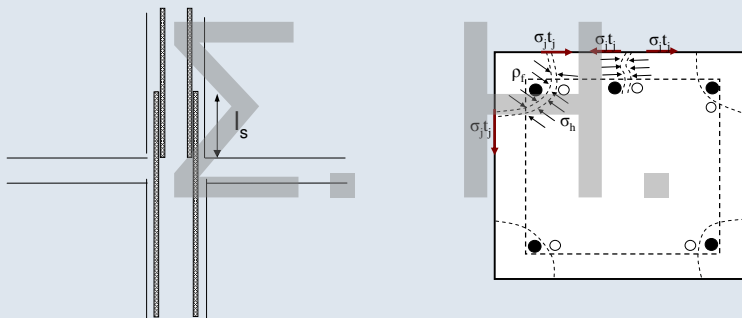
$$k_\mu = \frac{\text{Πλαστιμότητα πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Πλαστιμότητα μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_{\delta u} = \frac{\text{Οριακή παραμόρφωση πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Οριακή παραμόρφωση μονολιθικού στοιχείου}}$$

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Ενισχυμένου Στοιχείου = K_i (Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Μονολιθικού Στοιχείου)

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



$$T_{απ} = (1-\lambda_s) A_b f_s$$

$$T = \mu(\rho_f l_s) \sigma_h \rightarrow \sigma_{h,απ} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\mu \rho_f l_s}$$

$$\sigma_j t_j = \sigma_h B \quad \text{όπου:} \quad \beta = \rho_f / B$$

$$t_{j,απ} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\beta \mu l_s \sigma_j}$$

Για Γωνιακές Ράβδους

$$\left(\frac{A_j/s}{s} \right)_{απ} = \left[k_1 \left(\frac{f_{sy} d_s}{f_c l_s} \right) - 0,4 \frac{c}{d_s} - 0,30 \right]^2 \frac{f_c^2 \cdot d_s^2}{k_2 \cdot E_j \cdot f_{ctm}}$$

$$A_j / s = t_j \quad \text{για συνεχή μανδύα}$$

$k_1 = 1,7$ για στάθμη επιτελεστικότητας A

$= 1,5$ για στάθμη επιτελεστικότητας B ή Γ

$k_2 = 0,3$

$$\frac{c}{d_s} \geq 2$$

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Προσθήκη Ελασμάτων (χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων από ΙΟΠ στο εφελκούμενο πέγμα
- Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στο εφελκόμενο ή στο θλιβόμενο πέγμα

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στο εφελκόμενο ή στο θλιβόμενο πέγμα

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Συνίσταται η χρήση μανδύων

25

Καμπτική Ενίσχυση



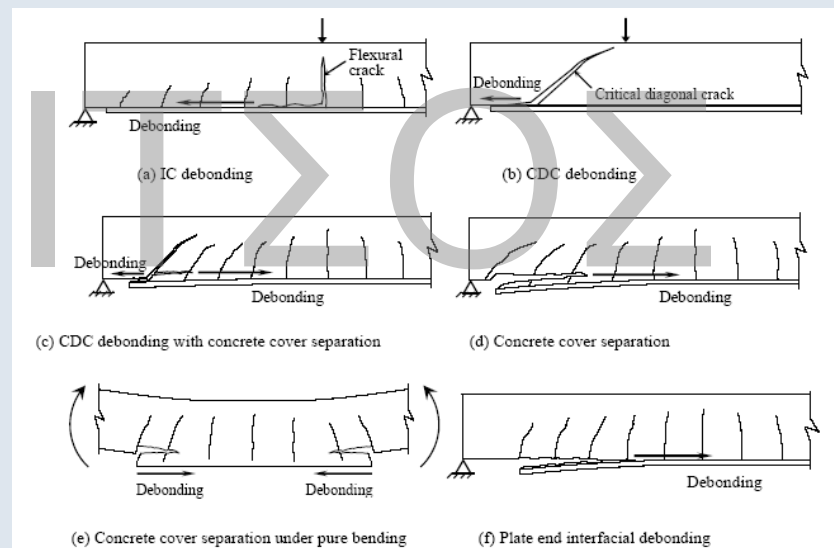
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ Η ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

- Το υφιστάμενο στοιχείο πρέπει να μπορεί να αναλάβει την ένταση από μόνιμα φορτία
- Στην φάση αστοχίας να έχει διαρρεύσει ο υφιστάμενος εφελκόμενος οπλισμός
- Το υλικό ενίσχυσης θεωρείται νέος εξωτερικός οπλισμός και το στοιχείο μονολιθικό
Εφελκυστικές Δυνάμεις από την **συνολική καμπτική** ένταση
→ Νέος + Παλιός οπλισμός

Προσεγγιστικά:
$$A_j = \frac{\Delta M_{do}}{z \cdot \sigma_{jd}}$$

- Κατασκευαστικές Διατάξεις
πάχος, πλάτος, πλήθος στρώσεων, χρήση βλήτρων, αποστάσεις
- Όχι σε περιοχές αλλαγής προήμου της ροπής

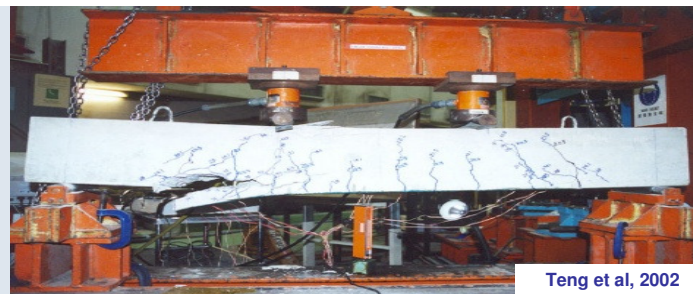
27



28



Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης

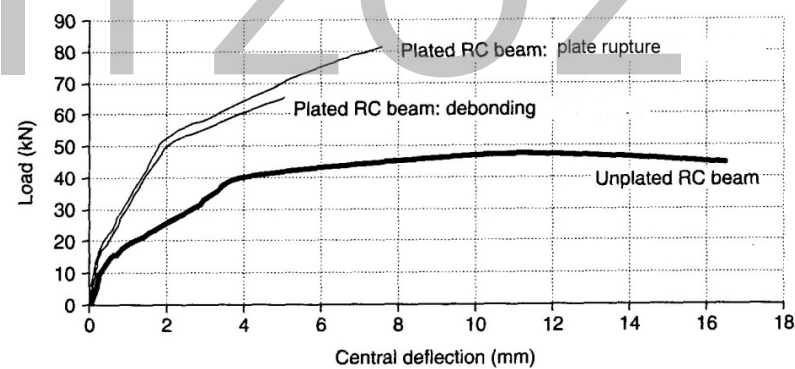


Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



Teng et al, 2002

Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα



Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = \dots$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση του υλικού ενίσχυσης: $\sigma_{jd} = \frac{1}{\gamma_m} \cdot f_{jk}$
- Πρώρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης (στα άκρα ή σε ενδιάμεσες θέσεις) $\sigma_j = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$

$$\sigma_{j,crit} = \beta \frac{\tau_{\text{αποκ.}}}{t_j} L_e$$

$$\beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

Διορθωτικός συντελεστής

β_w : Επιρροή πλάτους οπλισμού ενίσχυσης

β_L : Επιρροή διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης

$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}}$$

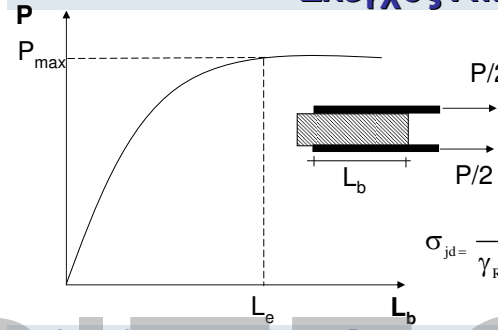
Ενεργό μήκος αγκύρωσης

$$t_j = \psi \cdot k \cdot t_{j1}$$

t_{j1} = πάχος στρώσης

$$\psi = k^{-1/4} \quad \text{για } k \geq 4$$

Έλεγχος Αποκόλλησης



$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}}$$

$$P_{max} = k f_{ctm} b_j L_e$$

$$\sigma_{jd} = \frac{\sigma_{crit}}{\gamma_R = 1,2} = \frac{P_{max}}{1,2 b_j t_j} \approx 1,15 \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2 t_j}}$$

Ας θεωρηθεί η περίπτωση μίας δοκού από σκυρόδεμα C16/20 που ενισχύεται στο εφελκόμενο πέλα με ένα έλασμα ΙΟΤ-Άνθρακα, πάχους $t_j=1\text{mm}$ και πλάτους $b_j=1/2b_w$. Εξετάζοντας την 2η μορφή αστοχίας λαμβάνεται:

$$f_{ctm} \approx 0,3 f_{ck}^{2/3} = 0,316^{2/3} = 1,92 \text{ MPa} \quad \text{και}$$

$$\sigma_{j,crit} = 1,15 \sqrt{\frac{200 \times 1,92 \times 10^3}{2}} = 504 \text{ MPa}$$

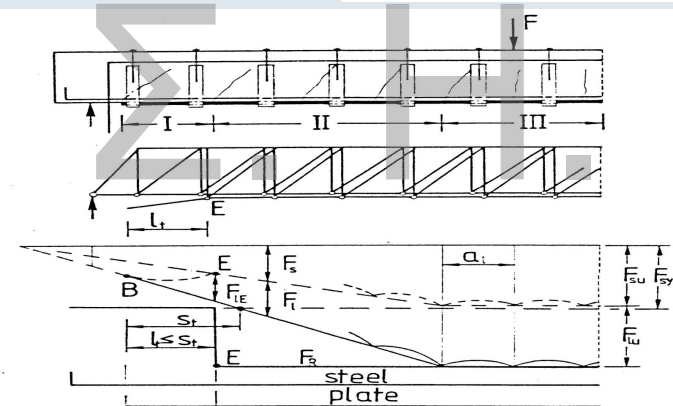
- Χρήσιμη τεχνική για ενισχύσεις γύρω από νέα ανοίγματα σε πλάκες, τοιχώματα

$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd, \text{απολ.}} \leq V_{cd, \text{απολ.}}$$

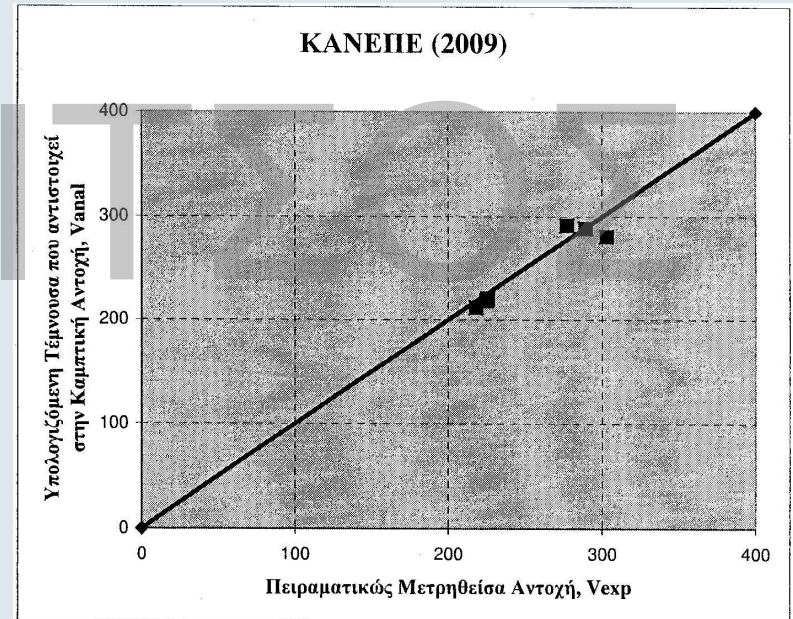
$$M_{sd, \text{απολ.}} \leq 0,67 M_{Rd, \text{απολ.}}$$



Rostasy, 1997

$$V_{sdj} = \frac{A_j \sigma_{jd}}{A_{so} f_{ydo} + A_j \sigma_{jd}} V_{sd, \text{απόλ.}}$$

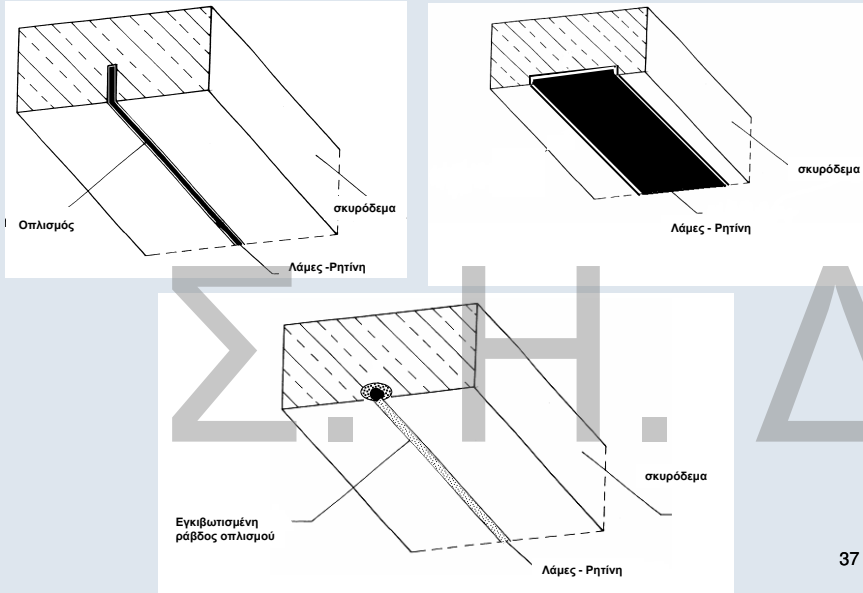
KANEΠIE (2009)



Μιτολίδης, Διδακτορική Διατριβή 2009, ΑΠΘ.

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός “Αυλακιών”

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)



37

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

$$k_k = 0,85 \quad k_r = 0,95 \quad k_{\theta y} = 1,15 \quad k_{\theta u} = 0,85$$

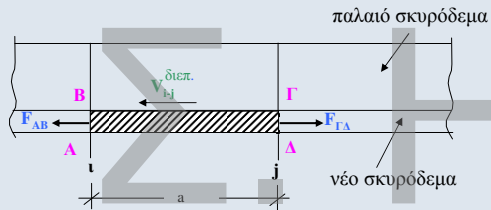
Για λοιπά στοιχεία:

$$k_k = 0,80 \quad k_r = 0,85 \quad k_{\theta y} = 1,25 \quad k_{\theta u} = 0,75$$

38

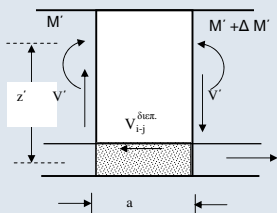
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Έλεγχος Διεπεφανειών - Αγκυρώσεων



$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} = F_{AB} - F_{GA}$$

ή



$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} = \frac{\Delta M'}{z'} = V' \frac{a}{z'}$$

$M', V' =$ Ροπή, Τέμνουσα λόγω δράσεων μετά την επέμβαση

$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} \leq V_{Rd}^{\text{διεπ.}}$$

$$\text{Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων } \rho_{\delta} = \frac{A_{sd}}{A_{\text{οδ}} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad 39$$



40

ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



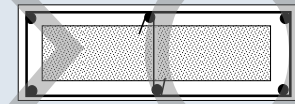
41



42



43

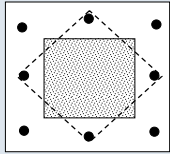


Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

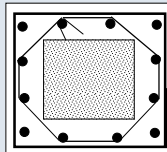
44

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

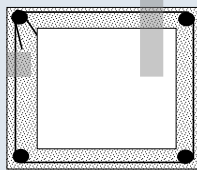
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



45



Άνοιγμα Συνδετήρων

46



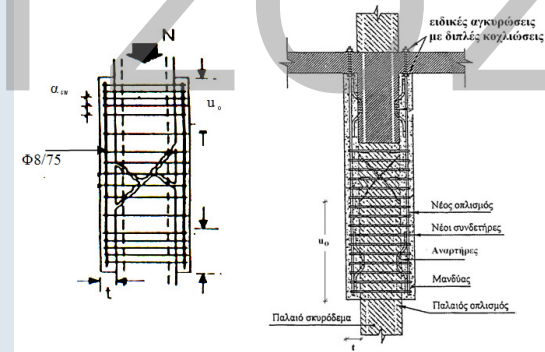
Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα 47

ΜΑΝΔΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση Ικανότητας

Με συνεκτίμηση της σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες ή
Με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας (Ref. 10, 12, 24)

Έλεγχος Μεταφοράς Δυνάμεων: Αρχικό Στοιχείο-Μανδύα



Ενδεικτική απεικόνιση άκρων μανδύα

- (α) Με επαρκές μήκος συναρμογής και στα δύο άκρα
- (β) Χωρίς επαρκές μήκος συναρμογής στο ένα άκρο

48

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

$$F_{cm} = 4u_o \mu f_{ctm} + 10n_b \frac{A_{sb}}{h_s} + n_D F_{uD}$$

Τριβή
Αναρτήρες
"πάπιες"
Βλήτρα

Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

Και $\frac{A_{sw}}{\alpha_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{ctm}}{f_{ywd}}$, δηλ. $\alpha_{sw} \leq 0.8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{ctm}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$

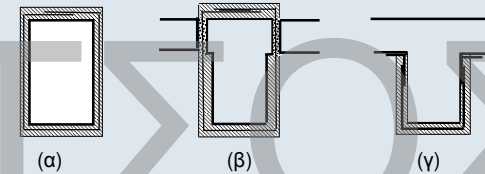
Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

$k_k = 0,80$ $k_r = 0,90$ $k_{\theta y} = 1,25$ $k_{\theta u} = 0,80$

ΑΥΞΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης ($V_{sd} > V_{Rd2}$)

- Με περίσφιγξη $f_{ck,c} = (1,125 + 1,25a_w) f_{ck}$
- Με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος
 - κλειστός μανδύας (συνιστάται)
 - τρίπλευρη ενίσχυση

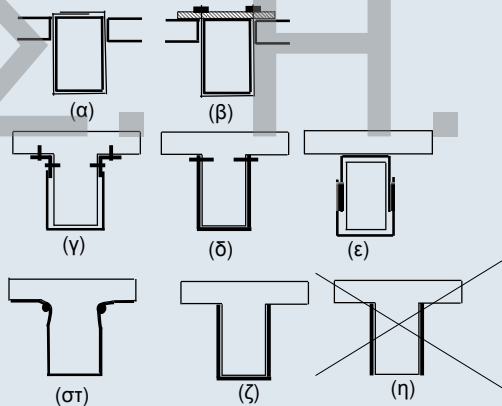


Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη: (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

$$V_{sd} \leq \frac{1}{V_{Rd}} (V_{Rd,r} + V_{RM})$$

Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης ($V_{sd} > V_{Rd3}$)

- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΠ



Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης: (α), (β) "κλειστή" ενίσχυση, (γ), (δ), (ε), (στ) "ανοικτή" ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα & (ζ) "ανοικτή" ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση

ΑΥΞΗΣΗ V_{Rd3}

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{jd}$$

Παλαιοί Συνδετήρες: $V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S_w} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$

Νέα Ενίσχυση: $V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j,ef} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha$

$$\rho_j = \frac{2A_j}{s_j \cdot b_w \cdot \sin \alpha}$$

$$A_j = t_j \cdot w_j$$

$$t_j = A_j / s_j$$

$$h_{j,ef} = 2/3 \cdot d$$

Για $\theta = 45^\circ$ και $\alpha = 90^\circ$: $V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j,ef} = \frac{2A_j}{s_j} \cdot h_{j,ef} \cdot \sigma_{jd}$

Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = \dots ;$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση υλικού ενίσχυσης
- Μείωση της συμβολής του σκυροδέματος (V_c) λόγω σημαντικής διεύρυνσης ανοίγματος ρωγμής
- Πρόωρη αποκόλληση λόγω ανεπάρκειας σύνδεσης

53

“ΚΛΕΙΣΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

- Για ΙΟΠ απαιτείται επαρκής υπερκάλυψη των άκρων του (150 έως 200mm)
- “Ανοικτές” Ενισχύσεις με εξασφάλιση πλήρους αγκύρωσης των άκρων = ονοεί “κλειστές”

$$\sigma_{jd} \leq \frac{1}{\gamma_m} f_{jk}$$

Για Χάλυβα

$$\gamma_m = 1,2$$

$$f_{jk} = f_{syk}$$

Για ΙΟΠ

$$\gamma_m = 1,2$$

$$f_{jk} = E_j \cdot \varepsilon_{j,crit}$$

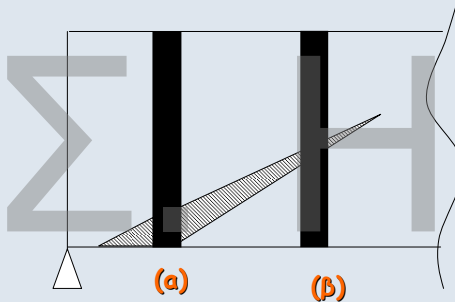
$$\varepsilon_{j,crit} = k_v \cdot \varepsilon_{j,max}$$

$$k_v = 0,5$$

$$\varepsilon_{j,max} = \min(\psi \varepsilon_{ju}, 1,5\%) \quad \psi = k^{-1/4}$$

54

ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ Ι.Ο.Π.



- Η τάση στις ίνες εξαρτάται από το εύρος της ρωγμής που γεφυρώνουν.
 - Δεν υπάρχει ανακατανομή της έντασης
 - Αστοχούν οι ίνες στη θέση (α) πριν καλά-καλά ενεργοποιηθούν οι ίνες στην θέση (β)
- ➔ Μέση τιμή αντοχής $\approx \frac{1}{2} \max$ Αντοχής ➔ $k_v = 0,5$

55

“ΑΝΟΙΚΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

$$\sigma_{jd} \leq \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \sigma_{jd,crit} = k_v \sigma_{j,max} < \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$$

Μέγιστη τάση για να αποφευχθεί η αποκόλληση

$$\sigma_{j,max} = \beta \frac{\tau_b^{\alpha_{\text{ποκ.}}}}{t_j} L_e = \beta \sqrt{\frac{E_j \cdot f_{ctm}}{2t_j}} \quad \beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

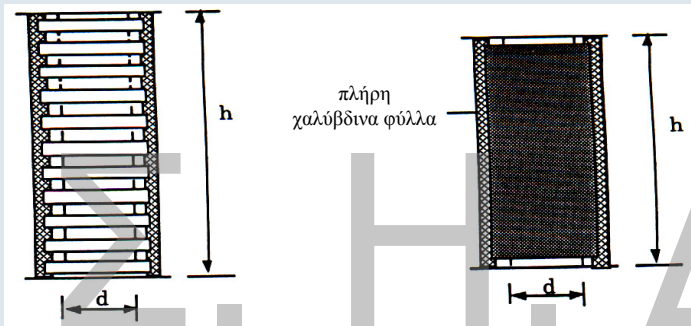
$$\text{Για ΙΟΠ} \quad k_v = \begin{cases} 0,525 & \lambda \leq 0,5 \\ 0,40 + 0,25 \lambda & \text{για } \lambda > 0,5 \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{\text{διατιθέμενο μήκος}}{\text{μήκος αγκύρωσης}} = \frac{L_{av}}{L_e} = \frac{h_{j,ef}}{L_e}$$

$$\text{Για Χάλυβα} \quad \begin{aligned} \text{Av} \quad \sigma_{jd,crit} &\geq \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} & k_v &= 1,0 \\ \text{Av} \quad \sigma_{jd,crit} &< \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} & k_v &\text{ όπως ΙΟΠ} \end{aligned}$$

56

Περίσφιγξη με μεταλλικό κλωβό ή μεταλλικό μανδύα



57

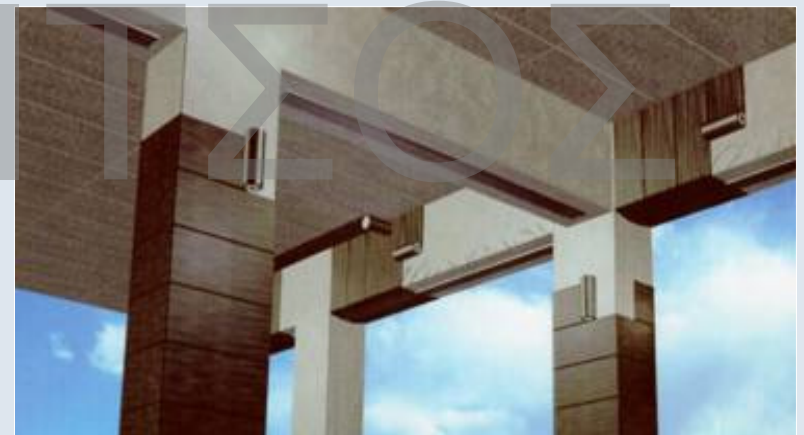
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ



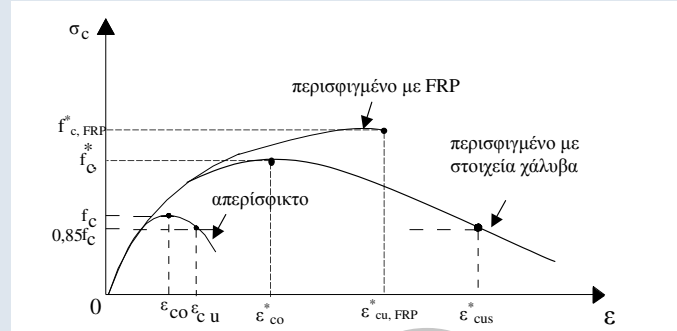
58



59



60



Χαλύβδινη περίσφιξη

$$\epsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_w$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακος

$$\epsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες γυαλιού

$$\epsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$$

όπου $f_c^* = (1,125 + 1,25\alpha\omega_w) f_c$

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ – ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαίτηση Στοχευόμενου α:

- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς $a_u = a/a_o$ (a_o παράγοντας υπεραντοχής δομήματος κατά EC8)
- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων:

$$\mu_d = \begin{cases} a_u & \text{όταν } T > T_2 \\ 1 + \frac{T_2}{T} (a_u - 1) & \text{όταν } T < T_2 \end{cases}$$

- Υπολογίζεται η απαιτούμενη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας σε όρους καμπυλότητας: $(\mu_d - 1) : (\mu_{1/r} - 1) = 3$

- Υπολογίζεται η απαιτούμενη μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος:

$$\epsilon_{cu}^* = 2,5 \cdot \mu_{1/r} \cdot \epsilon_{sy} \cdot \nu$$

- Ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό περίσφιξης ω_w :

Χαλύβδινη Περίσφιξη: $\epsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_w$

Περίσφιξη με CFRP: $\epsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$

Περίσφιξη με GFRP: $\epsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$ με $f_c^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) f_c$

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ – ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαίτηση Στοχευόμενου m:

Ομοίως με δείκτη συμπεριφοράς α, μόνο που το μ_d αντικαθιστάται με $m_{απ.}$

Απαίτηση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής θ_u :

Υπολογίζεται η $\mu_{1/r}$ μέσω αξιόπιστων συσχετισμών με τη μ_θ

$$\theta_{u,απ.} = \mu_{\theta,απ.} \cdot \theta_y$$

Όπου η θ_y :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

Για τοιχώματα

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad \theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_s}{h} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Η συσχέτιση των μ_θ και μ_d γίνεται μέσω των σχέσεων:

- $\mu_\theta = \mu_d$ μη σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού ορόφων
- $\mu_\theta = \mu_d \frac{H_{tot}}{H_{op.}}$ πιθανός σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού σε όροφο

$$\mu_{1/r,απ.} = 3\mu_{d,απ.} - 2 \rightarrow \epsilon_{cu,απ.}^* \rightarrow \omega_{w,απ.}$$

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Ανεπάρκεια Έναντι Διαγώνιας Θλίψης

- Αύξηση διαστάσεων μανδύα
(για ικανοποίηση κριτηρίων παρ.7.2.5)

Ανεπάρκεια Οπλισμού Κόμβου

- Προσθήκη μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία
- Προσθήκη επικολητών ελασμάτων (από χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων ΙΟΠ
- Αποκατάσταση ίσης διατομής και προσθήκη οπλισμών

65

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



66

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολητών ελασμάτων από χάλυβα



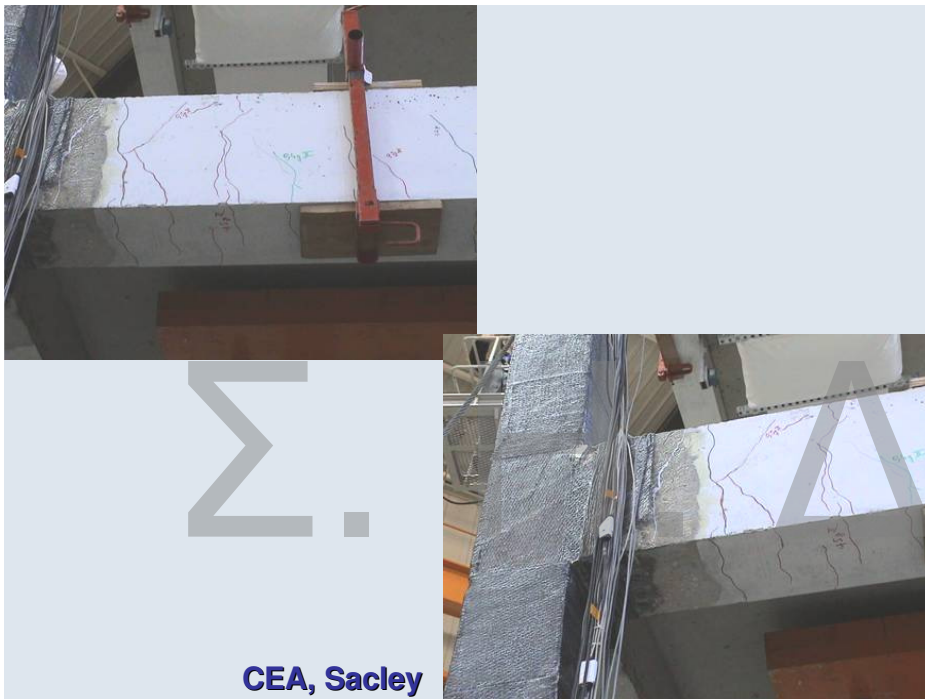
67

Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

68



CEA, Sacley

Επισκευή με ρητινενέσεις

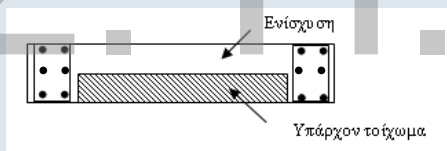


CEA, Sacley

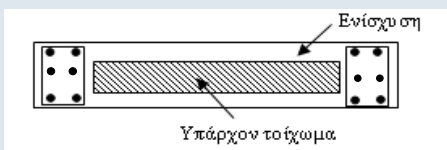
70

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

- Αποκατάσταση Ανεπαρκών Αναμονών Όπως και στα υποστυλώματα
- Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Κάμψης
 - ✓ Προσθήκη υποστυλωμάτων στα άκρα
 - ✓ Μονόπλευρη ενίσχυση και προσθήκη υποστυλωμάτων



- ✓ Ολόπλευρος κλειστός μανδύας (συνιστάται)



71

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

- Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας
 - ✓ Ανεπάρκεια λόγω λοξής θλίψης κορμού
 - ✓ Προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος ή μανδύα
 - ✓ Ανεπάρκεια σπλισμού διάτμησης
 - ✓ Προσθήκη Εξωτερικών στοιχείων χάλυβα ή ΙΟΠ ή μανδύας
- Ολίσθηση Τοιχώματος
 - ✓ Προσθήκη κατακόρυφων μεταλλικών στοιχείων εκατέρωθεν του αρμού
 - ✓ Τοπικός μανδύας
- Αύξηση Πλαστιμότητας (Δεν προσφέρονται οι μέθοδοι περισφιγξης)
 - ✓ Αύξηση διατομής θλιβόμενου πέλματος με προσθήκη εγκάρσιου τοιχώματος με τοπική διεύρυνση του άκρου
 - ✓ Τοποθέτηση εγκαρσίων διαμπερών σφικτήρων

72

ΕΜΦΑΤΝΩΣΗ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

- Σημαντική Αύξηση της Δυσκαμψίας και της Σεισμικής αντίστασης του φορέα

Μορφές:

- Προσθήκη Απλού “Γεμίματος”
- Τοιχωματοποίηση Πλαισίου
- Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

Κρίσιμα σημεία της μελέτης

- Έλεγχος επάρκειας μεταφοράς τέμνουσας στις στάθμες των ορόφων
- Μικρή Αξονική → Μειωμένη Ενεργός Δυσκαμψία, Μεγάλη Στροφή στο Θεμέλιο

Κατασκευαστικά θέματα

- Δυσκολία σκυροδέτησης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρασης

73

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΠΛΟΥ “ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ”

- Τοιχώματα από: α) Άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα (επί τόπου κατασκευαζόμενα ή προκατασκευασμένα)
β) Άοπλη ή οπλισμένη τοιχοποιία
- Δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα σύνδεσης του γεμίματος με το πλαίσιο
- Προσομοίωση του γεμίματος μέσω διαγώνιου θλιπτήρα
- Χαμηλή πλαστιμότητα. Συνιστάται $m \leq 1,5$

Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

74

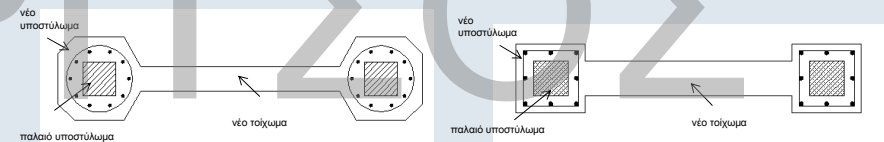
ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

- Εμφάνωση πλαισίων με Οπλισμένο Σκυρόδεμα
- Απαιτείται Εξασφάλιση της σύνδεσης με το περιβάλλον πλαισίωμα
- Κατασκευή κλειστών μανδυών στα υποστυλώματα εκατέρωθεν του νέου τοιχώματος με κατακόρυφους συνεχείς οπλισμούς και οπλισμό περίσφιξης.

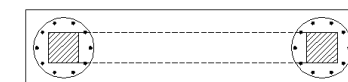
75

ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού



Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



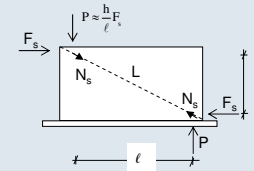
76



77

ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τένουσα στο Τοίχωμα:

$$F_s = V_s - \frac{2V_{Rc}}{\gamma_{sd}}$$

Έλεγχος Αντίστασης Φατνώματος:

- Θλίψη Διαγώνιου Θλιπτήρα:

$$N_s = \frac{L}{\ell} F_s \quad N_R = \lambda f'_c t_w b_w$$

$$f'_c = 0,6 f_c$$

b_w = ενεργό πλάτος διαγώνιου θλιπτήρα
 $\lambda \approx 0,4$, συντελεστής απομένουσας απόκρισης του διαγώνιου θλιπτήρα μετά την υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσής του

- Διάτμηση κατά Μήκος των Διεπιφανειών:

$$F_{βλ...οριζ.} = F_s - \frac{\ell}{L} N_R > \frac{1}{2} n_v D_u$$

$$F_{βλ...κατ.} = \frac{h}{\ell} F_{βλ...οριζ.} > \frac{1}{2} n_v D_u$$

Ελάχιστη ποσότητα βλήτρων 3Φ16 ανά μέτρο της περιμέτρου και ρ_{min}

78

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαίσιο.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

$$\text{Min } \rho_v = \rho_h = 0,005$$

Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμπερών κοχλωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα

υπό την προϋπόθεση $V_s \leq V_{u,w}$ (Διατμητική αντίσταση κορμού)

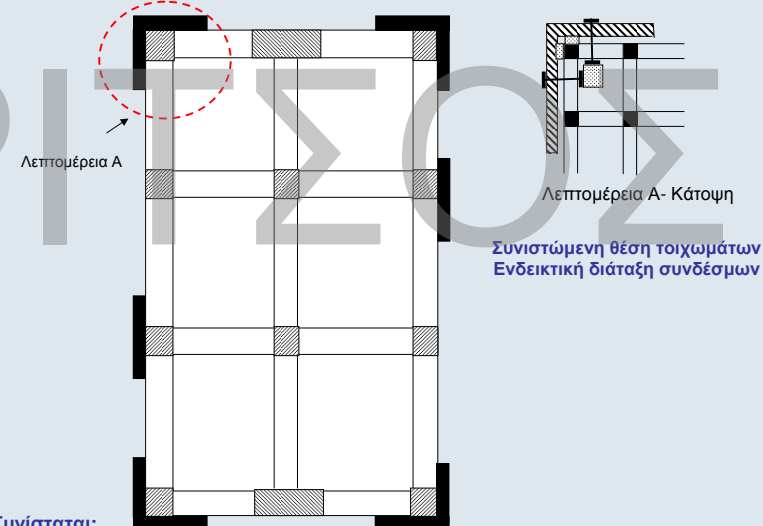
$$f_{wc,fd} = \frac{t \cdot f_{wcd} + a_c \cdot \Delta t \cdot f_{cd}}{t_w}$$

$$V_{u,w} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \left[\frac{0,3}{\sqrt{a_s}} (f_{wt,d} + \sigma_0) + \lambda_{\varepsilon} \cdot \rho_{v+h} \cdot f_{wyd} \right] \cdot L_w \cdot t_w$$

79

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΩΝ ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Η ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ

(Λύση που απαιτεί ιδιαίτερα υψηλή μελετητική και κατασκευαστική εμπειρία)



Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

- Ο συνδυασμός της θεμελίωσης των νέων τοιχωμάτων με τις υφιστάμενες θεμελιώσεις
- Η κατά το δυνατόν αύξηση της αξονικής δύναμης που θα αναλάβουν τα νέα τοιχώματα κατά τον σεισμό

80

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



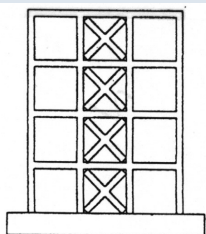
81



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Κυρίως αύξηση δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

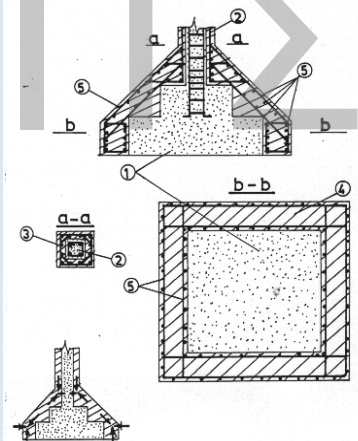
- Τύπος
- Χιαστί διαγωνίων, σχήματος Λ ή V, ορθού ή ανεστραμμένου Υ.
 - Απαγορεύεται η μορφή Κ
- Εμφανιζόμενα ή Παράπλευρα*
- Κρίσιμα σημεία της μελέτης
- Αξιολόγηση ανακατανομής έντασης
 - Επάρκεια αντοχής κόμβων
- Κατασκευαστικές
- Απαιτείται εξειδικευμένη εμπειρία
- Λεπτομέρειες
- Προτιμάται η εμφάνιση της μεταλλικής δικτύωσης, έστω και μόνο στα υποστύλωμα. π.χ. στο εσωτερικό του κπρίου χωρίς καθαίρεση των τοιχοπληρώσεων
 - Συνιστάται η κατασκευή μεταλλικού περιμετρικού πλαισίου
 - Οι ατέλειες προσαρμογής στον περιβάλλοντα φέροντα οργανισμό αντιμετωπίζονται με την κατασκευή πρόσθετης στρώσης σκυροδέματος σύνδεσης μεταλλικού πλαισίου και Φ.Ο.



83

ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- Ανεπάρκεια επιφάνειας έδρασης
 - Ανεπαρκές ύψος
- Αύξηση διαστάσεων
Συνδυασμός με ενίσχυση κατακόρυφων μελών



$$\sum A_{sw} \geq \frac{P_n \tan \alpha}{f_{ywd}}$$

Ενδεικτική ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδουλών, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

84

Ανάρτηση

www.episkeves.civil.upatras.gr

85

Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ